

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-33277

(P2001-33277A)

(43) 公開日 平成13年2月9日 (2001.2.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
G 0 1 D 5/245	1 0 2	G 0 1 D 5/245	1 0 2 D 2 F 0 6 3 1 0 2 F 2 F 0 7 7
G 0 1 B 7/30	1 0 1	G 0 1 B 7/30	1 0 1 B 5 H 6 1 1
H 0 2 K 11/00		H 0 2 K 11/00	C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-204643

(22) 出願日 平成11年7月19日 (1999.7.19)

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 松崎 一成

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 梶島 武文

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 上村 浩司

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

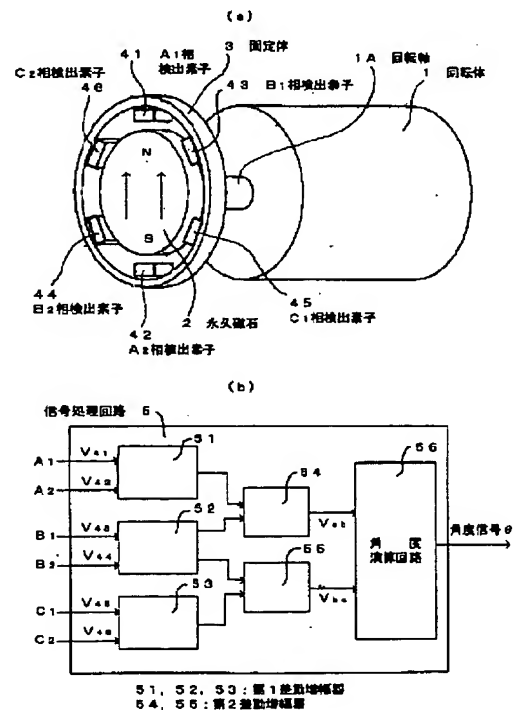
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気式エンコーダ

(57) 【要約】

【課題】 磁界検出素子の検出信号に重畳した3次の高調波成分を除去し、高精度の位置情報を得る磁気式エンコーダを提供する。

【解決手段】 回転体1の回転軸1Aと垂直方向に磁化された円板状の永久磁石2と、永久磁石2の半径方向に空隙を介して固定体3に対向配置された磁界検出素子を設けた磁気式エンコーダにおいて、磁界検出素子を6個、41～46を配置し、それぞれ1対の磁界検出素子同士41と42、43と44、45と46の出力信号の差を取ることで偶数次の高調波成分を除去する第1差動増幅器51、52、53と、第1差動増幅器51～53により偶数次の高調波成分を除去した差動出力信号を任意に二つずつ組み合わせる和を取ることで、3次の高調波成分を除去する第2差動増幅器54、55よりなる信号処理回路5を設けた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】回転体に固定され、且つ、前記回転体の回転軸と垂直な一方向に磁化された円板状の永久磁石と、前記永久磁石の半径方向または軸方向に空隙を介して対向するように固定体に配置された磁界検出素子と、前記磁界検出素子からの信号を処理する信号処理回路とを備えた磁気式エンコーダにおいて、

前記磁界検出素子は、前記回転体の回転中心に対して同心円状に配置されると共に、互いに周方向に機械角で 60 度位相がずれている 2 個 1 対の磁界検出素子を互いに機械角で 180 度位相をずらした位置に 3 対設けてあり、

前記信号処理回路は、互いに 180 度位相をずらして対向する 1 対の磁界検出素子同士の出力信号の差を取ることで偶数次の高調波成分を除去すると共に、前記 3 対の磁界検出素子に対して 3 個設けられた第 1 差動増幅器と、前記 3 個の第 1 差動増幅器により偶数次の高調波成分を除去した差動出力信号を任意に二つずつ組み合わせることにより、前記偶数次の高調波成分を除去した後の差動出力信号に含まれる 3 次の高調波成分を除去する第 2 差動増幅器と、前記第 2 差動増幅器で得た信号から回転角の絶対位置を演算する角度演算回路とより構成してあることを特徴とする磁気式エンコーダ。

【請求項 2】前記磁界検出素子が、ホール素子または MR 素子である請求項 1 に記載の磁気式エンコーダ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、産業用ロボット、NC 工作機械等に用いられるモータの回転位置を検出する磁気式エンコーダに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、回転体の回転位置を検出する磁気式エンコーダは、図 5 のようになっている。図 5 は、従来の磁気式エンコーダであって、(a) はその構成図、

(b) は磁界検出素子から出力される各相信号を処理する信号処理回路のブロック図である。図 5 (a) において、1 は回転体、1A は回転体 1 の回転軸、2 は回転軸 1A の端部に固定された円板状の発磁体を構成する永久磁石で、永久磁石 2 の表面は回転軸 1A に垂直な一方向に磁化されている。3 は永久磁石 2 の外周側に設けられたリング状の固定体、7 は回転体 1 の回転中心に対し同心円状にして設けられ、且つ、固定体 3 の周方向に互いに等間隔に配設された磁界検出素子であって、4 個の磁界検出素子 71、72、73、74 から構成されている。このような各磁界検出素子は、永久磁石 2 の外周面に対して空隙を介して対向し、且つ、互いに機械角で 90 度位相をずらして A<sub>1</sub> 相検出素子 71 と B<sub>1</sub> 相検出素子 73 を設け、さらに A<sub>1</sub> 相検出素子 71 に対して機械角で 180 度位相をずらして A<sub>2</sub> 相検出素子 72 を、B<sub>1</sub> 相検出素子 73 に対して機械角で 180 度位相をずらして

B<sub>2</sub> 相検出素子 74 を設けている。次に、磁界検出素子から出力される各相信号を処理する信号処理回路について説明する。図 5 (b) において、8 は信号処理回路であって、V<sub>71</sub> と V<sub>72</sub> の差動信号 V<sub>a</sub> を出力する差動増幅器 81 と、V<sub>73</sub> と V<sub>74</sub> の差動信号 V<sub>b</sub> を出力する差動増幅器 82 と、差動信号 V<sub>a</sub> と V<sub>b</sub> とから  $\arctan(V_a/V_b)$  の演算を行って回転角度を演算する角度演算回路 83 とを設けている。ここで、A<sub>1</sub> 相検出素子 71 と A<sub>2</sub> 相検出素子 72 の検出信号に着目すると、両者の基本信号は 180 度位相がずれているため、正負が逆転しているが、基本信号に重畳している偶数次の高調波成分の位相はシフトしない。したがって、A<sub>1</sub> 相検出素子 71 と A<sub>2</sub> 相検出素子 72 の差動信号 V<sub>a</sub> を用いることで偶数次の高調波を含有しない波形を得ることができる。同様にして得られた B<sub>1</sub> 相検出素子 73 と B<sub>2</sub> 相検出素子 74 の差動信号 V<sub>b</sub> と、A<sub>1</sub> 相検出素子 71 と A<sub>2</sub> 相検出素子 72 の差動信号 V<sub>a</sub> を、角度演算回路 83 を用いて分割することにより、回転体 1 の角度情報を得ることができる。このように、90 度位相が異なる A 相、B 相からなる 2 相の磁界検出信号と信号処理回路を用いた磁気式エンコーダにより、磁界検出素子の基本信号に重畳した高調波成分の波形の歪み、すなわち理想的な正弦波、余弦波に対する誤差をなくしてエンコーダの精度を高めるようにしている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来技術では、磁界検出素子を 4 個配置し、差動信号を角度演算回路により分割することで、偶数次の高調波を除去することはできるものの、奇数次の高調波を除去することができないため、特に奇数次の高調波のうち 3 次高調波によりエンコーダの精度が悪化するという問題があった。本発明は上記問題を解決するためになされたもので、磁界検出素子の検出信号に重畳した奇数次の高調波のうち、3 次の高調波成分を除去し、高精度の位置情報を得ることができる磁気式エンコーダを提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は、回転体に固定され、且つ、前記回転体の回転軸と垂直な一方向に磁化された円板状の永久磁石と、前記永久磁石の半径方向または軸方向に空隙を介して対向するように固定体に配置された磁界検出素子と、前記磁界検出素子からの信号を処理する信号処理回路とを備えた磁気式エンコーダにおいて、前記磁界検出素子は、前記回転体の回転中心に対して同心円状に配置されると共に、互いに周方向に機械角で 60 度位相がずれている 2 個 1 対の磁界検出素子を互いに機械角で 180 度位相をずらした位置に 3 対設けてあり、前記信号処理回路は、互いに 180 度位相をずらして対向する 1 対の磁界検出素子同士の出力信号の差を取ることで偶数次

の高調波成分を除去すると共に、前記 3 対の磁界検出素子に対して 3 個設けられた第 1 差動増幅器と、前記 3 個の第 1 差動増幅器により偶数次の高調波成分を除去した差動出力信号を任意に二つずつ組み合わせて和を取ることで、前記偶数次の高調波成分を除去した後の差動出力信号に含まれる 3 次の高調波成分を除去する第 2 差動増幅器と、前記第 2 差動増幅器で得た信号から回転角の絶対位置を演算する角度演算回路とより構成してあることを特徴とするものである。また、前記磁界検出素子、ホール素子または MR 素子としたものである。

#### 【0005】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図に基づいて説明する。図 1 は、本発明の実施例を示す磁気式エンコーダであって、(a) はその構成図、(b) は磁界検出素子から出力される各相信号を処理する信号処理回路のブロック図である。なお、従来技術と同じ構成要素に同一符号を付してその説明を省略し、異なる点のみを説明する。4 は固定体 3 の内側に互いに機械角で 60 度位相をずらした位置に 6 個配置された磁界検出素子である。磁界検出素子 4 は、機械角で 180 度位相がずれた位置に設けた 2 個 1 対の  $A_1$  相検出素子 4 1 と  $A_2$  相検出素子 4 2、 $B_1$  相検出素子 4 3 と  $B_2$  相検出素子 4 4、および  $C_1$  相検出素子 4 5 と  $C_2$  相検出素子 4 6、計 3 対のもので構成されている。また、5 は信号処理回路であって、この信号処理回路 5 には、第 1 に  $A_1$  相検出素子 4 1 と  $A_2$  相検出素子 4 2、 $B_1$  相検出素子 4 3 と  $B_2$  相検出素子 4 4、および  $C_1$  相検出素子 4 5 と  $C_2$  相検出素子 4 6 に対して、それぞれ第 1 差動増幅器 5 1、5 2、5 3 が設けられている。各々の第 1 差動増幅器 5 1～5 3 は、1 対の磁界検出素子同士の出力信号の差を取ることで、1 対の磁界検出素子同士の出力信号の差を取ることで、偶数次の高調波成分を除去するものである。さらに、第 1 差動増幅器 5 1 と 5 2、第 1 差動増幅器 5 2 と 5 3 の後段には、それぞれ第 2 差動増幅器 5 4、5 5 を設けてある。この第 2 差動増幅器 5 4、5 5 は、第 1 差動増幅器 5 1 と 5 2、第 1 差動増幅器 5 2 と 5 3 により偶数次の高調波成分を除去した後の差動出力信号を二つずつ組み合わせて和を取ることで、差動出力信号に含まれる残りの 3 次の高調波成分を除去するものである。次に、動作について説明する。磁気式エンコーダは、上記の構成により、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  の各相の磁界検出素子 4 1、4 2、4 3、4 4、4 5、4 6 によって磁界が検出される。回転体が 1 回転すると、一つの検出素子は、回転位置に応じた正弦波状の磁束密度を検出する。まず、図 1 において、各々の磁界検出素子 4 1～4 6 からの信号が、基本波信号の他、偶数次の高調波および奇数次の高調波信号を含んでいることから、第 1 差動増幅器 5 1、5 2、5 3 を用いて偶数次の高調波を除去し、その後、第 2 差動増幅器 5 4、5 5 を用いて 3 次高調波を除去する。ここで、基本波信号から偶数次の高調波の除去方法について、 $A_1$  相検出素子

4 2 と  $A_2$  相検出素子 4 2 の出力信号に着目して説明する。図 2 は、信号処理回路における偶数次高調波を除去する信号処理の過程をした説明図であって、磁気式エンコーダの回転角に対する出力信号の関係を表したものであり、(a) は  $A_1$  相検出素子からの出力信号、(b) は  $A_2$  相検出素子からの出力信号、(c) は  $A_1$  相検出素子の出力信号と  $A_2$  相検出素子の出力信号の差をとった信号である。なお、図 2 は、後の説明を容易にするために、回転体の回転に応じて得られる基本波と、2 次、4 次よりなる偶数次の高調波を便宜的に別々に示しており、6 次以上の高調波および奇数次の高調波は省略している。図 2 (a) から図 2 (b) に至る過程で、基本波は反転するが、偶数次の高調波の位相は変化していないことがわかる。よって、 $A_1$  相検出素子 4 1 の出力信号  $V_{41}$  から  $A_2$  相検出素子 4 2 の出力信号  $V_{42}$  を減ずることで、図 2 (c) に示すように、振幅が 2 倍で 2 次、4 次の高調波を除去した波形を得ることができると共に、6 次以上の高調波についても同様であり、偶数次の高調波を除去することが可能となる。このことは、 $B_1$  相検出素子 4 3 と  $B_2$  相検出素子 4 4 の出力信号、 $C_1$  相検出素子 4 5 と  $C_2$  相検出素子 4 6 の出力信号についても同じである。次に 3 次高調波の除去方法について、 $A_1$ 、 $A_2$  相検出素子 4 1、4 2 と  $B_1$ 、 $B_2$  相検出素子 4 3、4 4 に着目して説明する。図 3 は、信号処理回路における奇数次高調波を除去する信号処理の過程を示した説明図であって、磁気式エンコーダの回転角に対する出力信号の関係を表したものであり、(a) は  $A_1$  相検出素子の出力信号と  $A_2$  相検出素子の出力信号の差をとった信号で、偶数次の高調波を除去した後の奇数次高調波を含んだ信号、(b) は  $B_1$  相検出素子の出力信号と  $B_2$  相検出素子の出力信号の差をとった信号で、奇数次の高調波を含んだ信号、(c) は  $A_1$  相と  $A_2$  相検出素子の出力信号の差と、 $B_1$  相と  $B_2$  相検出素子の出力信号の差との和、(d) は  $B_1$  相と  $B_2$  相検出素子の出力信号の差と、 $C_1$  相と  $C_2$  相検出素子の出力信号の差との和である。図 1 (b) に示す第 1 増幅器 5 1、5 2、5 3 において偶数次の高調波を除去した後、基本波信号の他、3 次に代表される奇数次の高調波が存在する。これは、図 3 (a) に示すような  $A_1$  相検出素子 4 1 の出力信号  $V_{41}$  から  $A_2$  相検出素子 4 2 の出力信号  $V_{42}$  を減じた後の信号、また、図 3 (b) に示すように  $B_1$  相検出素子 4 3 の出力信号  $V_{43}$  から  $B_2$  相検出素子 4 4 の出力信号  $V_{44}$  を減じた後の信号として現れる。すなわち、位相差が 60 度あることから、両者の 3 次高調波の信号を比較すると位相が反転していることがわかる。よって、図 3 (a) と図 3 (b) の信号を足し合わせることで 3 次高調波を除去することができる。その結果を図 3 (c) で表す。同様の方法で、 $B_1$  相検出素子 4 3 の信号から  $B_2$  相検出素子 4 4 の信号を減じた波形と、 $C_1$  相検出素子 4 5 の信号から  $C_2$  相検出素子 4 6 を減じた波形を足し

合わせることで、図 3 (d) に示すような偶数次高調波および 3 次高調波を含まない波形を得ることができる。次に、回転角度の算出方法について説明する。図 3

(c) と図 3 (d) の位相差が 60 度であることから、図 3 (c) と図 3 (d) のそれぞれの波形を D、E、回転角を  $\theta$  とすると、波形 D、E は以下の式のように表す。

【0006】

【数 1】

$$D = \sin(\theta) \cdots (1)$$

$$E = \sin(\theta + \pi/3) \cdots (2)$$

【0007】(1)式と(2)式のそれぞれの和を F、差を G として、F、G を計算すると、以下のようになる。

【0008】

【数 2】

$$F = E + D = \sqrt{3} \sin(\theta + \frac{\pi}{6}) \cdots (3)$$

$$G = E - D = -\cos(\theta + \frac{\pi}{6}) \cdots (4)$$

【0009】上記のように、(3)、(4)式より波形 E と波形 F は、正弦波、余弦波の関係になっていることから、以下の式により、回転角度演算回路 56 によって処理が行われ、絶対位置の回転角度を算出することができる。

【0010】

【数 3】

$$\phi = \tan^{-1} (-F/\sqrt{3}G) \cdots (5)$$

【0011】したがって、磁気式エンコーダに 6 個の磁界検出素子を配置し、1 対の磁界検出素子同士の出力信号の差を取ることで偶数次の高調波成分を除去する第 1 差動増幅器と、第 1 差動増幅器より偶数次の高調波成分を除去した差動出力信号を任意に二つずつ組み合わせることにより、3 次の高調波成分を除去する第 2 差動増幅器よりなる信号処理回路を設けたので、第 1 および第 2 差動増幅器で得た信号から回転角の絶対位置を高精度に検出でき、高精度の位置情報を得ること可能となる。なお、図 4 に示すように、永久磁石 2 の平面と空隙を介して対向するように磁界検出素子 61 ~ 66 を配置しても良い。信号処理については、前述した方法と同様である。また、3 次高調波の除去方法において、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>相検出素子と B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>相検出素子の組合せ、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>相検出素子と C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>相検出素子の組合せによる演算の場合を述べたが、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>相検出素子と C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>相検出素子の組合せでも構わず、各検出素子間の組合せは適宜選択可能である。また、磁界検出素子として、ホール素子または MR 素子を用いたものが好ましいが、これの

代用ができるものであれば特に限定されることはない。

【0012】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、6 個の磁界検出素子を配置し、1 対の磁界検出素子同士の出力信号の差を取ることで偶数次の高調波成分を除去する第 1 差動増幅器と、第 1 差動増幅器より偶数次の高調波成分を除去した差動出力信号を任意に二つずつ組み合わせることにより、3 次の高調波成分を除去する第 2 差動増幅器よりなる信号処理回路を設けた構成にしたので、磁界検出素子の検出信号に重畳した偶数次の高調波、奇数次の高調波のうち、3 次の高調波成分を除去し、回転検出器の分解能および高精度の位置情報を得ることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例を示す磁気式エンコーダであって、(a) はその構成図、(b) は磁界検出素子から出力される各相信号を処理する信号処理回路のブロック図である。

【図 2】信号処理回路における偶数次高調波を除去する信号処理の過程を示した説明図であって、磁気式エンコーダの回転角に対する出力信号の関係を表したものであり、(a) は A<sub>1</sub>相検出素子からの出力信号、(b) は A<sub>2</sub>相検出素子からの出力信号、(c) は A<sub>1</sub>相検出素子の出力信号と A<sub>2</sub>相検出素子の出力信号の差をとった信号である。

【図 3】信号処理回路における奇数次高調波を除去する信号処理の過程を示した説明図であって、磁気式エンコーダの回転角に対する出力信号の関係を表したものであり、(a) は A<sub>1</sub>相検出素子の出力信号と A<sub>2</sub>相検出素子の出力信号の差をとった信号で、偶数次の高調波を除去した後の奇数次高調波を含んだ信号、(b) は B<sub>1</sub>相検出素子の出力信号と B<sub>2</sub>相検出素子の出力信号の差をとった信号で、奇数次の高調波を含んだ信号、(c) は A<sub>1</sub>相と A<sub>2</sub>相検出素子の出力信号の差と、B<sub>1</sub>相と B<sub>2</sub>相検出素子の出力信号の差との和、(d) は B<sub>1</sub>相と B<sub>2</sub>相検出素子の出力信号の差と、C<sub>1</sub>相と C<sub>2</sub>相検出素子の出力信号の差との和である。

【図 4】その他の実施例を示す磁気式エンコーダの構成図である。

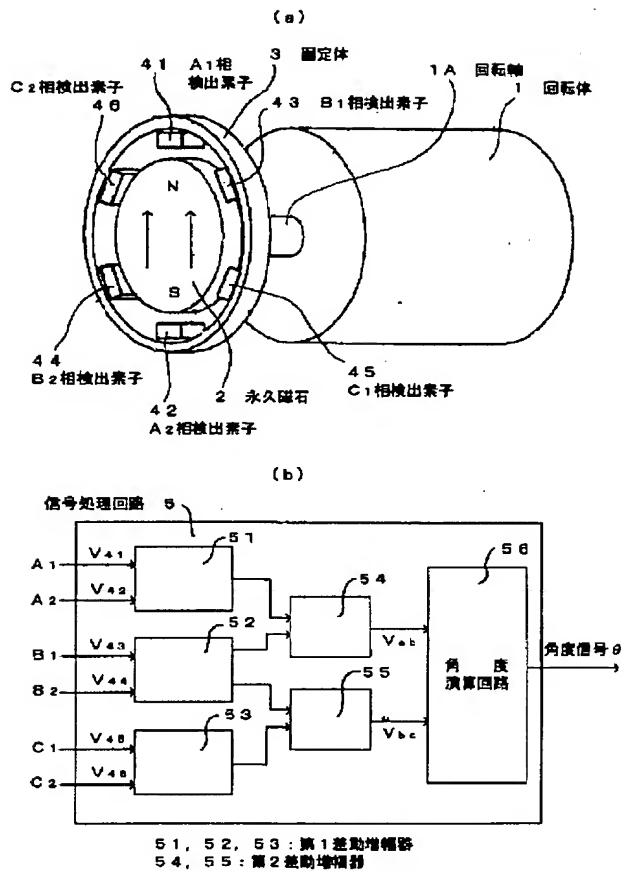
【図 5】従来の磁気式エンコーダであって、(a) はその構成図、(b) は磁界検出素子から出力される各相信号を処理する信号処理回路のブロック図である。

【符号の説明】

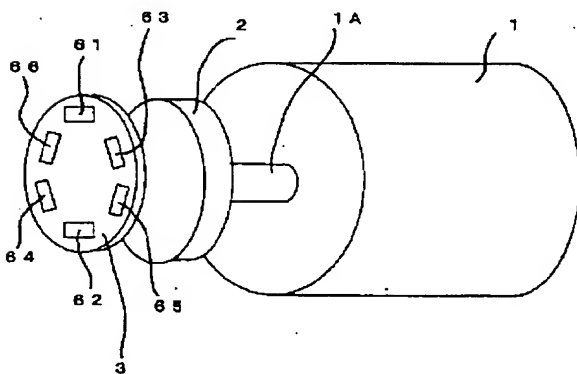
- 1 : 回転体
- 1 A : 回転軸
- 2 : 永久磁石
- 3 : 固定体
- 4 : 磁界検出素子
- 4 1 : A<sub>1</sub>相検出素子
- 4 2 : A<sub>2</sub>相検出素子

43 :  $B_1$ 相検出素子  
 44 :  $B_2$ 相検出素子  
 45 :  $C_1$ 相検出素子  
 46 :  $C_2$ 相検出素子  
 5 : 信号処理回路  
 51、52、53 : 第1差動増幅器  
 54、55 : 第2差動増幅器  
 56 : 角度演算回路

【図1】

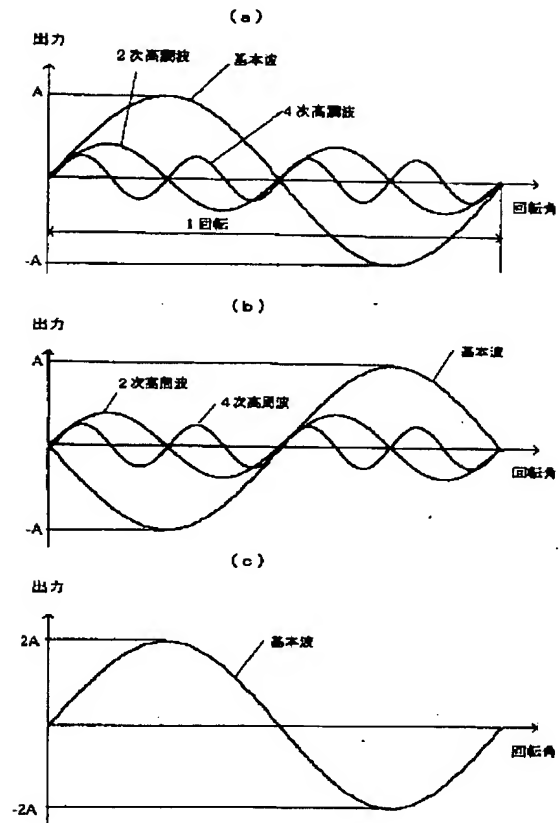


【図4】

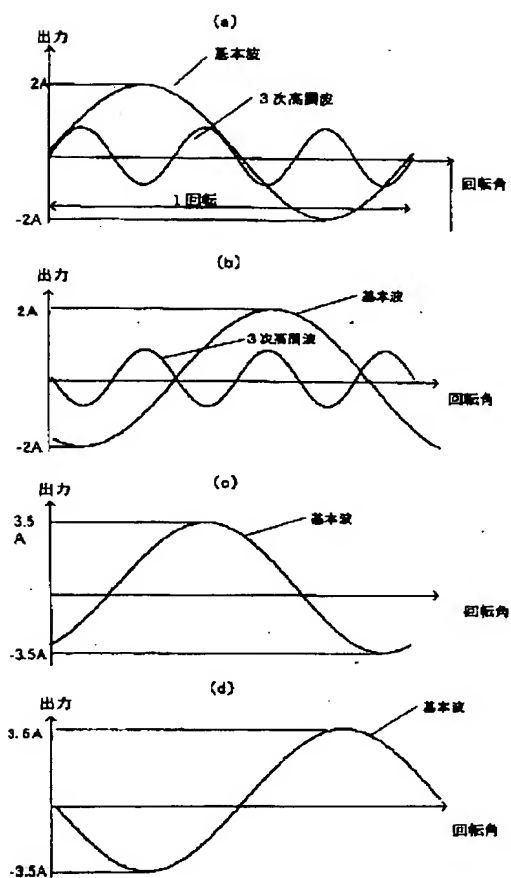


6 : 磁界検出素子  
 61 :  $A_1$ 相検出素子  
 62 :  $A_2$ 相検出素子  
 63 :  $B_1$ 相検出素子  
 64 :  $B_2$ 相検出素子  
 65 :  $C_1$ 相検出素子  
 66 :  $C_2$ 相検出素子

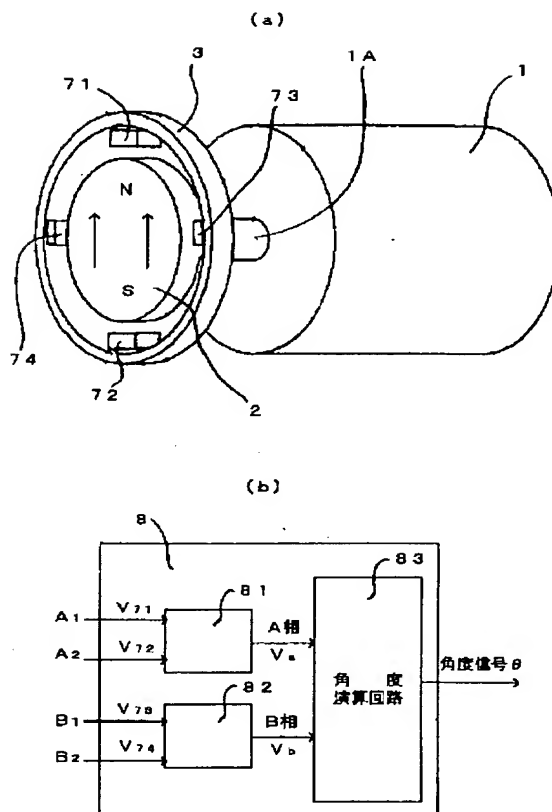
【図2】



【図 3】



【図 5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F063 AA35 CA08 CA40 DA05 DD06  
 EA03 GA52 GA67 KA03 LA23  
 LA30  
 2F077 AA11 AA21 CC02 NN02 NN19  
 NN24 PP12 PP14 QQ07 QQ09  
 QQ15  
 5H611 AA01 BB01 PP07 QQ03 RR02  
 UA05